

A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélkül és öntözéssel termesztésben

NAGY JÁNOS

Agrártudományi Egyetem, Növénytermesztés- és Földműveléstan Tanszék,
Debrecen

KÁDÁR (1992) a kukoricahibridek termésének növekedését befolyásoló számos tényező közül a tápanyagot emeli ki. A műtrágyaadag nagyságát a termőhelyi viszonyok, a vízellátás, valamint a hibridek igénye befolyásolják. Külföldi kutatók is, így KUDZIN és munkatársai (1976) felhívták a figyelmet arra, hogy a műtrágyaadagok meghatározását az egyes kukoricahibridek igényeinek figyelembevételével kell végezni. Kísérleteikben a hibridek közötti műtrágyahatás-különbség 4,6-27,4 % között változott. BALKÓ & RUSSEL (1980) a hibridek összehasonlítását a legnagyobb termést biztosító műtrágyaadagok mellett javasolja elvégezni. Ezzel szemben NAGY (1995) szerint a hibrideket többlépcsős műtrágyázási kísérletekben lehet jól összehasonlítani. A műtrágyázás nélküli parcellák eredményei pedig jól mutatják a talajok természetes tápanyagszolgáltató képességét. MENYHÉRT (1979), valamint MENYHÉRT és munkatársai (1980) szerint a tápanyag-ellátottság és a növényszám között is szoros összefüggés van. LŐRINCZ és munkatársai (1981) pedig megállapították, hogy a tartós váltás nélküli termesztés esetén a műtrágya-hasznosulás csökken. BÁLINT (1977) kísérletei alapján rámutat, hogy csak a jó kukoricahibridek tudnak a N növekvő dózisára a fotoszintetikus aktivitás fokozatos növelésével válaszolni. A jelenleg termesztett hibridek tápanyag-hasznosítása lényegesen eltér egymástól. Az öntözés és a műtrágyázás kölcsönhatását számos hazai kutató vizsgálta. HANK és FRANK (1951), FRANK (1969), MÁRTON (1969) és SZLOVÁK (1983, 1986) öntözési és műtrágyázási kísérleteinek eredményei igazolták, hogy az öntözés növeli a műtrágyázás hatékonyságát. LÁNG (1971) szoros összefüggést talált a műtrágya-hasznosulás és a növény vízellátása között. A műtrágyák érvényesülése függ az agroökológiai feltételektől is (HEPP, 1989).

Mind a hazai, mind a külföldi szakirodalmi közlések megegyeznek abban, hogy a műtrágyahatást befolyásoló tényezők közül meghatározó az időjárás, a talajtulajdonságok, a vízellátás, a növényállomány kiegyenlítetttsége, a termesztett növény, illetve fajta tápanyag-reakciója. Az időjárás - mivel szabályozza a termőhely hő- és nedvesség-ellátottságát - hatással van a talajban lejátszódó

anyagátalakulásokra, a növények növekedésére, tápanyagfelvételére, így a trágya érvényesülésére is (KRÁMER, 1963; SZÁSZ, 1988; KOVÁCS, 1982; LÁNG et al., 1983; JOLÁNKAI, 1993; BICZÓK et al., 1988; FILEP, 1988; NAGY, 1988; SZABÓ, 1990; ÁNGYÁN, 1991; HOLLÓ, 1993; HALL et al., 1994). A kísérletek többsége szerint mérsékelten száraz évben közepes vagy jó a műtrágyahatás, és ilyen körülmények között a P-, K-ellátásnak nagy a jelentősége, mert csökken a vízhiány okozta stressz. Aszály esetén az egyedfejlődés első felében jól fejlődik a növény, a második felében a nagy LAI, valamint a megnövekedett vízigény miatt súlyos vízhiányba kerül a kukorica, aminek a következménye a jelentős termés csökkenés (GYÓRFFY et al., 1965; DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1983; MÁNDY, 1962; RUZSÁNYI, 1992). A csapadékmennyiség, illetve a talajban tárolt nedvességekészlet a trágyaszükségletet és a trágyahatást is módosítja. A trágyahatás az optimális vízellátáshoz közeledve nő, majd a káros víztöbblet beálltával csökken (BOCZ, 1976; ABRAMENKO et al., 1982; RUZSÁNYI, 1992; NAGY & HUZSAI, 1996). A talajtulajdonságok termést befolyásoló hatása elsősorban a talaj termékenységétől, a termőréteg vastagságától, vízháztartásától függ (SARKADI, 1975; GYÓRFFY, 1976; BOCZ, 1976; DEZSŐ, 1976; BUZÁS, 1987). Az optimális N-ellátás jelentősen hozzájárul a csövenkénti szemszám, kismértékben az ezerszemtömeg megnövekedéséhez (BOCZ & NAGY, 1981). N-hiány esetében a kukoricánövényben a szárazanyag-akkumuláció kisebb és a szárazanyag-felhalmozódás dinamikája lassúbb (GYÓRFFY, 1965; DEBRECZENINÉ & SZLOVÁK, 1985; HANWAY & RUSSEL, 1969; BERZSENYI, 1993). A műtrágyázás szerepe mind a makro-, mind a mikroelem-felvételben meghatározó (KÁDÁR & ELEK, 1977; LOCH & NOSZTICIUS, 1983; NÉMETH & BUZÁS, 1991; KISMÁNYOKI & HOFFMANN, 1993). Megfelelő N-ellátással a kukorica levélterületének kezdetben gyors a növekedése, és ezáltal hosszabb ideig fenntartható az optimális LAI értéke, a biomassza tartóssága elősegíthető, ami az asszimilátáknak a szemtermésbe történő áramlása szempontjából előnyt jelent és kedvező a harvest index értékére is (ANDERSON et al., 1985; BERZSENYI, 1988). Ez az előny azonban szárazságban nem jelent gazdasági hasznót, mert a kukorica korábban kerül vízhiányba, amely a reprodukív szakaszban tetőződik, következésképpen termés csökkenéssel jár.

NIKOLOV & IGNATOVA (1974) Bulgáriában csernozjom talajon kukorica trágyázási kísérletben leghatékonyabb műtrágyaadagnak az $N_{30}P_{30}K_{30}$ kg/ha mennyiséget találta. Az ennél nagyobb adagok $N_{240}P_{240}K_{240}$ -ig fokozatosan csökkentették a kukorica termését. SZAUHIMOV (1975) a Szovjetunióban, Pavlodár körzetében csernozjom talajon azt tapasztalta, hogy a kukorica zöldtömegét a P_{40} kg/ha trágyaadag növelte legjobban. Nem adott jobb eredményt a 20 t/ha szerves trágya és a foszforműtrágya nitrogénnel kiegészítve sem. Többben 100-200 kg NPK/ha hatóanyag-mennyiségeket jelölnek meg optimális adagként. Így COCLESCU (1966), STEFAN & HUDRUC (1967) Romániában, SZTERIKOV & ILKOV (1973), ENIKOV et al. (1975) Bulgáriában, LAZURSZKIJ & KARDINALOVSKAJA (1968), PRZSEGORLINSZKIJ & PETRENKO (1966), GOLUBEV & MEDVEDEV (1975), RJABCSUK & LJASINSZKIJ (1975) a Szovjetunióban.

TULIN & MÜNKO (1973) a krími területen $N_{120}P_{120}$, DELHAYE (1981) Belgiumban 125 kg N/ha műtrágyaadaggal érték el a legnagyobb kukorica szemtermést.

IRVINE (1963) és MEJENDORF (1971) szerint a műtrágyázás módját és mértékét nem az eltérő maximális termés, hanem egyedül a jövedelmezőség alapján célszerű megállapítani. DEBRECZENI (1980) véleménye szerint a műtrágyahasználat felső határát a többlettermésből fakadó gazdaságosság optimális szintjének kell meghatározni.

Anyag és módszer

Műtrágyakezelések. - 1 N : 0,75 P_2O_5 : 0,88 K_2O konstans arányú NPK-dózis kísérletben az alapidózis - $N_{60}P_{45}K_{53}$ - 158 kg/ha, amelyben a N 60 kg/ha és ennek 1, 2, 3, 4, 5-szörös adagját alkalmaztuk, műtrágyázás nélküli kontroll mellett. Az azonos NPK-arányú dózisokat az értékelés során egyszerűsítve a N kódolt mennyiségével jelöltük.

Öntözéssel a növények számított vízigényét megközelítő öntözővizet juttatunk ki: 1990-ben 170, 1991-ben 60, 1992-ben 170 és 1993-ban 100 mm-t. Az öntözést NADIR típusú 75 cm-es osztású csepegtető öntözőberendezéssel végeztük.

A kísérlet négy ismétléses sávos elrendezésű. Egy ismétlésen belül randomizálva 6 műtrágyakezeléssel, öntözött és öntözés nélküli változatban azonos, hetvenezer növényszám beállításával. Egy blokk ismétlés mérete: 1260 m², a műtrágyázási parcelláké: 210 m².

Talajadottságok. - A kísérleti telep talaja löszön képződött alföldi mészeledékes csernozjom. A talaj N- és P-ellátottsága közepes, K-tartalma pedig nagy (humusztartalom = 2,8-3,0 %; összes N = 0,14-0,18 %; AL- P_2O_5 = 130-200 mg/kg; AL- K_2O = 240-280 mg/kg). A humuszréteg vastagsága 70-90 cm. A pH(KCl) 6,2; az Arany-féle kötöttségi szám 43. Mikroelemhiány nem mutatható ki. A talajvízszint 6-8 m mélyen helyezkedik el. A talaj VK_{min} értéke 27-29 tf %. A 0-100 cm-es talajszelvény 275 mm, a 100-200 cm-es 265 mm nedvesség tárolására képes. A hasznos VK a 0-100 cm-es rétegben 157 mm, a 100-200 cm-es rétegben 150 mm.

Időjárási jellemzők. - 1990-ben a tenyészidőszakban 180 mm-rel, a téli félévben 100 mm-rel kevesebb csapadék hullott, mint az 50 éves átlag (340 mm). A terméseredményeket pozitívan befolyásolta az előző év kedvező csapadék-ellátottsága. 1991-ben a lehullott csapadék a tenyészidőben megfelelt az 50 éves átlagnak, a téli félévben pedig meghaladta azt. 1992-ben a tenyészidőszak száraz volt, 188 mm-rel hullott kevesebb csapadék az 50 éves átlaghoz képest. A téli félév csapadéka rekordszerűen kevés, mindössze 92 mm volt, szemben az 50 éves átlaggal (243 mm). Az 1993-as évjárat kedvezőbb volt a kukorica szá-

mára, mint az 1992-es. 1993-ban a tenyészidőszakban 200 mm csapadék hullott; ez 50 mm-rel több volt, mint az előző évben, de 140 mm-rel kevesebb, mint az 50 éves átlag. A téli félévben mintegy 3,5-szer több csapadék hullott az elővetemény betakarításától a vetésig eltelt időszakban.

Kutatási programunkban BOX & WILSON (1951) továbbfejlesztett módszerével dolgoztunk. A kísérlet adatainak értékeléséhez korreláció- és regresszióanalízist alkalmaztunk (SVÁB, 1981; JOHN, 1971; WINER, 1971). Az analízis során a kísérletbe beállított műtrágya- és öntözéskeszleteket az elrendezésnek megfelelően vettük figyelembe. A regresszióanalízis során többtényezős lineáris regressziót alkalmaztunk. Az illesztés során az eltérések négyzetösszegeit minimalizáltuk. Az illesztés jóságának elbírálásakor a többszörös R-értéket, az F-próba eredményét és a négyzetes maradék (residual MQ) átlagos nagyságát vettük figyelembe (HUZSAI, 1994). Az egyenlet paramétereit t-próbával teszteltük.

Az értékelést IBM 486 DX számítógéppel és a BMDP Statistical Software 1988-as változatával végeztük.

Eredmények és következtetések

A műtrágyázás hatását - nem öntözött és öntözött kezelésekben - a Dekalb 524 SC hibrid kukorica 4 éves termésadatainak felhasználásával vizsgáltuk, évente hat műtrágyaszinten, négy ismétlésben. A műtrágyahatás értékelését regresszióanalízissel, másodfokú függvény illesztésével végeztük. Független változók a műtrágyázás lineáris és négyzetes tagjai volt, a függő változó a termés volt. Minden esetben megvizsgáltuk az egyenlet és paramétereinek szignifikanciáját is. A másodfokú függvény első deriváltjának segítségével meghatároztuk a függvény maximumát és a hozzátartozó műtrágyamennyiséget. Ugyancsak az első derivált felhasználásával az általunk rögzített meredekség (10 kg terméstöbbit/1 kg műtrágya-N/ha) mellett meghatároztuk a műtrágyaadag nagyságát és az ehhez tartozó termést.

A Dekalb 524 SC hibrid kukorica nem öntözött változatának statisztikai értékelését az 1. táblázatban közöljük. A nem öntözött kezelés többszörös R-értéke alacsony (0,48), közepes szorosságú összefüggést mutat. Öntözés hatására az R értéke megnő (0,87), erős összefüggést mutatva a műtrágyázás és termés között. Az F-próba alapján az egyoldali teszt segítségével 0,1 %-nál kisebb szinten bizonyult szignifikánsnak. Az egyenlet paramétereit a t-próba alapján szintén szignifikánsak. A becslés hibája is javul 2,089 t/ha-ról 0,966 t/ha-ra. A másodfokú függvényben a lineáris hatás dominál, a műtrágyázás termésnövelő hatása kifejezett.

Az analízis eredménye alapján megállapítottuk, hogy nem öntözött kezelésekben, többéves termésadatokat figyelembe véve, a másodfokú függvényvel való közelítés közepes erősségű összefüggést mutat a műtrágyázás és termés között. A becslés hibája meglehetősen nagy. Ennek oka, hogy öntözés nélkül az

1. táblázat

Dekalb 524 SC hibrid kukorica statisztikai eredménye, nem öntözött
(Debrecen, 1990-1993)

(1) A variancia forrása	SQ	FG	MQ	(2) F-érték	(3) Szignifikan- cia szint *
a) Regresszió	91,5259	2	45,7630	10,483	≈ 0,00
b) Maradék	301,2110	69	4,3654		

(4) Független változó	(5) Regressziós együttható	(6) Együttható hibája	(7) Standardizált regressziós együttható	(8) t-érték	(3) Szignifikan- cia szint**
c) Műtrágya	0,0352	0,0086	1,54	4,11	≈ 0,00

* egyoldali teszt esetén; ** kétoldali szimmetrikus teszt esetén

2. táblázat

Műtrágyázás hatása a Dekalb 524 SC hibrid kukorica szemtermésére, t/ha
(Debrecen, 1990-1993)

(1) Műtrágya- hatóanyag adag	1990	1991	1992	1993	(2) Átlag
<i>A. Nem öntözött</i>					
a) Kontroll	6,471	9,938	4,649	5,497	6,639
1	7,914	11,663	5,426	8,972	8,494
2	8,840	12,130	6,117	9,676	9,191
3	9,312	13,437	5,877	9,858	9,621
4	8,098	13,695	5,029	9,207	9,007
5	7,826	13,163	4,644	8,417	8,513
b) Átlag	8,077	12,338	5,290	8,605	8,575
<i>B. Öntözött</i>					
a) Kontroll	9,354	9,419	6,409	6,101	7,821
1	11,447	12,305	10,443	11,119	11,329
2	12,553	13,197	11,404	12,223	12,344
3	13,328	13,846	12,306	12,961	13,110
4	13,030	13,861	11,257	12,360	12,627
5	12,607	13,197	10,604	12,211	12,154
b) Átlag	12,053	12,638	10,404	11,163	11,565
c) SzD _{5%}					
Műtrágyázás	0,45	0,81	1,07	0,51	0,40
d) Öntözés	0,26	0,47	0,62	0,29	0,23

évenkénti termések változékonysága nagy, a termésingadozás jelentős (2. táblázat). A változó csapadék-ellátottság miatt a műtrágyázás hatása évről-évre erősen változik. Ilyen körülmények mellett kisebb biztonsággal lehet az optimális műtrágyaadagot megállapítani. Az évek aszályos jellege miatt a lineáris, termésmnövelő és a négyzetes, depresszív hatás jelentősége közel egyforma.

Öntözést alkalmazva a Dekalb 524 SC hibrid kukorica évenkénti műtrágya-reakciója kisebb mértékben különbözött, csökkent a termésingadozás. Az R-értékek szoros összefüggést mutatnak, amit a szignifikanciatesztek megbízhatóknak igazolnak (3. táblázat). A közelítés pontossága jó. A standardizált reg-

3. táblázat

Dekalb 524 SC hibrid kukorica statisztikai eredménye, öntözött
(Debrecen, 1990-1993)

(1) A variancia forrása	SQ	FG	MQ	(2) F-érték	(3) Szignifikan- cia szint *
a) Regresszió	207,5357	2	103,7679	111,191	≈ 0,00
b) Maradék	64,3938	69	0,9332		

(4) Független változó	(5) Regressziós együttható	(6) Együttható hibája	(7) Standardizált regressziós együttható	(8) t-érték	(3) Szignifikan- cia szint**
c) Műtrágya	0,0486	0,0040	2,56	12,27	≈ 0,00

* egyoldali teszt esetén; ** kétoldali szimmetrikus teszt esetén

ressziós koefficiensek nagyságát figyelembe véve a lineáris, termésmnövelő hatás jelentősége nagyobb, a másodfokú görbe lefutásában a lineáris szakasz dominál. Öntözött körülmények között az optimális műtrágyaadag megállapítása sokkal pontosabban és nagyobb biztonsággal lehetséges.

A Dekalb 524 SC hibrid kukorica maximális termését és a hozzátartozó műtrágyaadagokat a 4. táblázatban közöljük. A kísérleti eredmények szerint a maximális termés csak nagy műtrágyaadaggal érhető el.

Nem öntözött kezelésekben a vizsgált négy év alatt a legnagyobb terméshez 190 kg N/ha tartozott. A maximális termés: 10,792 t/ha volt. A maximális termésnél a termésmnövekedés 3,345 t/ha, az 1 kg N műtrágya-hatóanyagra jutó átlagos növekedés 18 kg/ha volt.

Öntözést alkalmazva a maximális termés magasabb szinten alakul ki, amihez több tápanyagra van szükség. A Dekalb 524 SC hibrid kukorica műtrágyázás nélkül közepes termést produkált, műtrágyázott kezelésben viszont az erős pozitív műtrágya x öntözés kölcsönhatás miatt a maximális termés kiemelkedő volt. A függvények deriváltjainak segítségével az öntözött kezelésekben is meg-

4. táblázat

Dekalb 524 SC hibrid kukorica maximális terméséhez tartozó műtrágya nagysága (Debrecen, 1990-1993)

	N, kg/ha X_{\max}	(1) Termés, t/ha Y_{\max}	(2) Növekedés, t/ha	(3) Átlagos műtrágya- hatékonyság, kg/kg
a) Nem öntözött	190	10,792	3,345	18
b) Öntözött	204	13,546	4,954	24

határoztuk a maximális terméshez tartozó nitrogénműtrágya-hatóanyag mennyiségét, amely 204 kg/ha, a maximális termés 13,546 t/ha. A maximális termésnél a termésnövekedés közel 5 t/ha. Az 1 kg nitrogénre jutó átlagos növekedés igen kedvező (24 kg) volt. Öntözött kezelésben a műtrágyázás termésnövelő hatása nagyobb, mint öntözés nélkül. A nagyobb terméshez alig van több tápanyagra szükség, a műtrágya hatékonyságának növekedése miatt.

A termesztési gyakorlatban gazdaságos műtrágyaadag meghatározása céljából - kísérleti adataink alapján - megállapítottuk a 10 kg szemterméshez tartozó műtrágya-hatóanyag mennyiségeket, az értékek átszámíthatóak eltérő közgazdasági körülményekhez is. A 10 kg-os marginális hatékonysághoz tartozó műtrágyaadag az öntözés nélküli kezelésben négy év átlagában 136 kg N/ha. Az öntözéssel kezelésben átlag 162 kg N/ha elégíti ki a 10 kg-os marginális hatékonyság feltételét. Megállapítottuk, hogy kísérleti eredményeink alapján - a Dekalb 524 SC hibrid kukorica vagy hasonló genotípus termesztése esetén - öntözés nélkül 130-140 kg N/ha, öntözéssel termesztésben 150-160 kg N/ha adag lehet irányadó. Az eredményeket az 5. táblázatban közöljük.

Nem öntözött termesztésben a jó hatékonyság feltételének teljesítése miatt a javasolható műtrágyaadag 30 kg N/ha-val kevesebb. Öntözött kezelésben - ami egy magasabb termésszintet jelent - az öntözés x műtrágyázás pozitív kölcsönhatása miatt a gazdaságos műtrágyaadagok is nagyobbak, mint öntözés nélkül.

5. táblázat

Dekalb 524 SC hibrid kukorica műtrágyázásának marginális hatékonysága (Debrecen, 1990-1993)

	(1) Marginális hatékonyság 10 kg/kg műtrágya	(2) Termés, t/ha Y_{\max}	(3) Növekedés, t/ha	(4) Átlagos műtrágya- hatékonyság, kg/kg
a) Nem öntözött	136	10,522	3,075	23
b) Öntözött	162	13,336	4,744	29

Öntözéses gazdálkodásban az évjáráthatás mérséklődik, a termésingadozás csökken. Az évenkénti műtrágya-reakció is kisebb mértékben különbözik, mint öntözés nélküli termesztésben, ezért a tápanyagvisszapótlás bizonyíthatóan nagyobb biztonsággal tervezhető.

Összefoglalás

A műtrágyázás hatását a Debreceni Agrártudományi Egyetem látóképi szántóföldi kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon vizsgáltuk. A Dekalb 524 SC kukoricahibrid terméseredményeit - 1990 és 1993 között - négy év átlagában, nem öntözött és öntözött változatokban másodfokú regressziós függvény segítségével értékeltük. A regressziós egyenletek kiszámítása után elvégeztük a függvények deriválását és meghatároztuk a termésmaximumhoz tartozó műtrágyaadag nagyságát.

Nem öntözött kezelésekben a vizsgált négy év alatt a legnagyobb terméshez 190 kg N/ha tartozott. A maximális termés: 10,792 t/ha volt. A maximális termésnél a terméstöbblet 3,345 t/ha, az 1 kg N műtrágya-hatóanyagra jutó átlagos növekedés 18 kg/ha volt. Öntözést alkalmazva a maximális termés magasabb szinten alakul ki, amihez több tápanyagra van szükség. A Dekalb 524 SC hibrid kukorica műtrágyázás nélkül közepes termést produkált, műtrágyázott kezelésben viszont az erős pozitív műtrágya x öntözés kölcsönhatás miatt a maximális termés kiemelkedő volt. A függvények deriváltjainak segítségével az öntözött kezelésekben is meghatároztuk a maximális terméshez tartozó nitrogén-műtrágya-hatóanyag mennyiségét, amely 204 kg/ha, a maximális termés 13,546 t/ha. A maximális termésnél a termésnövekedés közel 5 t/ha. Az 1 kg nitrogénre jutó átlagos növekedés igen kedvező (24 kg) volt. Öntözött kezelésben a műtrágyázás termésnövelő hatása nagyobb, mint öntözés nélkül. A nagyobb terméshez alig van több tápanyagra szükség, a műtrágya hatékonyságának növekedése miatt.

A termesztési gyakorlatban gazdaságos műtrágyaadag meghatározása céljából - kísérleti adataink alapján - megállapítottuk a 10 kg szemterméshez tartozó műtrágyahatóanyag mennyiségeket, az értékek átszámíthatóak eltérő közgazdasági körülményekhez is. A 10 kg-os marginális hatékonysághoz tartozó műtrágyaadag az öntözés nélküli kezelésben négy év átlagában 136 kg N/ha. Az öntözéses kezelésben átlag 162 kg N/ha elégíti ki a 10 kg-os marginális hatékonyság feltételét. Megállapítottuk, hogy kísérleti eredményeink alapján - a Dekalb 524 SC hibrid kukorica vagy hasonló genotípus termesztése esetén - öntözés nélkül 130-140 kg N/ha, öntözéses termesztésben 150-160 kg N/ha adag lehet irányadó.

Öntözéses gazdálkodásban az évjárat hatás mérséklődik, a termésingadozás csökken. Az évenkénti műtrágya-reakció is kisebb mértékben különbözik, mint öntözés nélküli termesztésben, ezért a tápanyagvisszapótlás bizonyíthatóan nagyobb biztonsággal tervezhető.

Irodalom

- ABRAMENKO, A. N. et al., 1982. Dejsztvie mineralnüh udobrenij ozimüjo psenicü v zaviszmoszti ot pogodnüh uszlovij. Him. Szel. Hoz., Moszkva. 12. 12-14.
- ANDERSON, F. L., KAMPRATH, F. J. & MOLL, R. H., 1985. Prolificacy and N-fertilizer effects on yield and N utilization in maize. Crop Sci. 25. 598-602.
- ÁNGYÁN J., 1991. A növénytermesztés agroökológiai tényezőinek elemzése (gazdálkodási stratégiák, termőhelyi alkalmazkodás). Kandidátusi értekezés tézisei. Gödöllő.
- BALKO, L. G. & RUSSEL, W. A., 1980. Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrid progeny. I. Prediction of yield response. Maydica, Bergamo. 25. (2) 65-79.
- BÁLINT A., 1977. Gazdasági növényeink produkciógenetikája. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- BERZSENYI Z., 1988. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára. Növénytermelés. 37. 527-540.
- BERZSENYI Z., 1993. A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991. években. Növénytermelés. 42. 49-63.
- BICZÓK, GY., LÁSZTITY, B. & RUDA, M., Dynamics of nutrient uptake and aboveground phytomass in some winter wheat varieties at major growing sites of Hungary. Acta Agron. 37. 3-9.
- BOCZ E., 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BOCZ E. & NAGY J., 1981. A kukorica víz- és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. Növénytermelés. 30. 539-549.
- BOX, G. E. P. & WILSON, K. B., 1951. On the experimental attainment of optimum conditions. Journal of the Royal Statistical Society. 13. 1.
- BUZÁS I., 1987. Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- COCLESCU, G., 1966. Cerintele porumbului fata de ingrasaminte in monocultura. Probl. Agric. Bucuresti. 1. 31-41.
- DEBRECZENI, B., 1980. Artificial fertilization. Acta Agron. 29. 117-225.
- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ, 1983. A tápanyag- és vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B-NÉ & SZLOVÁK S., 1985. A kukorica nitrogénfelvételének tanulmányozása 15-N jelzett műtrágyával. II. Magyar Növényélettani Kongresszus. MTA Szegedi Biológiai Központ, VII. 2-4. 11.
- DELHAYE, R. J., 1981. Niveau optimal de la fumure azotee du mais a Gembloux. Revue de l'Agriculture, Gembloux. 34. 1179-1195.
- DEZSŐ J., 1976. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termelésére. Kandidátusi értekezés. Debrecen.
- ENIKOV, K., VELCSEV, V. V. & DIMITROV, G., 1975. Effektivnoszt na foszfornato torene pri carevicata i psenicata na szlabo izlucsen csernozem v Dobrudzsa. Pochv. Agroh. Szofia. 10. 2.
- FILEP GY., 1988. Talajkémia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- FRANK O., 1969. A talaj tápanyagellátásának hatása a vízhasznosulásra. Agrártud. Közlem. 28. 109-122.

- GOLUBEV, V. & MEDVEDEV, N., 1975. Vlijanie azotnüh udobrenij na urozsaj i kacsesztvo pri orosenii Zavolzse. Kurkuruza, Moszkva. 3. 21-22.
- GYÓRFFY B., 1965. A kukorica tápanyagfelvétele. In: GYÓRFFY B. et al.: Kukorica-termesztés. 64-70. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- GYÓRFFY B., 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártud. Közlem. 35. 239-266.
- GYÓRFFY B., I'SÓ I. & BÖLÖNI I., 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- HALL, D. O. et al., 1994. Photosynthesis and Production in a Changing Environment. Chapman & Hall. London.
- HANK O. & FRANK M., 1951. Összefüggés a talaj tápanyagellátás és a vízfogyasztás között egyes gazdasági növényeknél. ÖKI Évkönyv. Szarvas.
- HANWAY, J. J. & RUSSEL, W. A., 1969. Dry-matter accumulations in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross hybrids. Agron. J. 61. 947-951.
- HEPP F., 1989. Az aszály mérséklésének lehetőségei a szántóföldi növénytermesztésben. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete. Martonvásár.
- HOLLÓ S., 1993. A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása vetésforgó trágyázási kísérletekben. Kandidátusi értekezés tézisei. Kompolt.
- HUZSVAI L., 1994. A növénytermesztési és földművelési kísérletek biometriaai módszereinek összehasonlítása. Egyetemi doktori értekezés tézisei. Debrecen.
- IRVINE, F. E., 1963. Soils and Crops. Oxford University Press. London.
- JOHN, P. W. M., 1971. Statistical Design and Analysis of Experiments. McGraw-Hill. New York.
- JOLÁNKAI M., 1993. A búzatermesztés egyes meghatározó tényezői. Akadémiai doktori értekezés. Martonvásár.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agro-kémiai Kutató Intézete. Budapest.
- KÁDÁR I. & ELEK É., 1977. Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A Mezőgazdaság Kemizálása Ankét. Keszthely. 71-81.
- KISMÁNYOKI, T. & HOFFMANN, S., 1993. The dynamics of mineral N in a crop rotation with high cereal concentration. 150th Anniv. Conf. of the Rothamsted Experimental Station. 112-115.
- KOVÁCS G. J., 1982. A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofizikai kapcsolata. Növénytermelés. 31. 355-365.
- KRAMER, P. I., 1963. Water stress and plant growth. Agron. J. 55. 31-35.
- KUDZIN, JU., CSERNASZKAJA, N. & CSUH, T., 1976. Ocenka gibridov po ih otzüvcsivnoszti na udobrenija. Kukuruz, Moszkva. 3. 20.
- LAZURSZKIJ, A. V. & KARDINALOVSKAJA, R. K., 1968. Dejsztvie organicseszkih i mineralnüh udobrenij na urozsaj zerna. Kukuruz, Moszkva. 13. 6.
- LÁNG G., 1971. Az intenzív műtrágyázás néhány növénytermesztési problémája. Agrártud. Közlem. 30. 1-16.
- LÁNG I., CSETE L. & HARNOS Zs., 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LOCH J. & NOSZTICIUS Á., 1983. Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LÓRINCZ J. et al., 1981. Elővetemény-hatás a kukoricatermesztésben. I. Az elővetemény hatása a kukoricaállományban felhasznált műtrágya hatékonyságára és a hozamokra. Növénytermelés. 30. 557-565.

- MÁNDY GY., 1962. Nemesített kukoricafajták súlyváltozásai különböző környezetben a tenyészidő folyamán. In: Kukoricatermesztési kísérletek, 1958-1960. 20-27. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MÁRTON Á., 1969. Különböző nitrogénműtrágyák hatásvizsgálata a Nyírség homoktalajain. Kandidátusi értekezés.
- MEJENDORF, A. L., 1971. Prosztjejsij metod opredelenija ekonomicseszki optimalnüh norm vneszenija udobrenij. In: Voproszű ekonomiki himizacii szelszko go hozjajsztva v zarubezsnuh sztranah. 265-279. Nauki. Moszkva.
- MENYHÉRT Z., 1979. Kukoricáról a termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MENYHÉRT Z., ÁNGYÁN J. & RADICS L., 1980. A levélfelület-index (LAI), fényviszonyok és a termés kapcsolata eltérő vetésidőjű és tenyészterületű kukorica állományban. Növénytermelés. 29. 357-369.
- NAGY J., 1988. A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukorica hibridek termésére. I. Növénytermelés. 37. 327-336.
- NAGY J., 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés. 44. 493-506.
- NAGY, J. & HUZSVAI, L., 1996. The effect of precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.). Cereal Research Communications. 24. 93-100.
- NÉMETH T. & BUZÁS I., 1991. Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészlepedékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 40. 399-408.
- NIKOLOV, E. & IGNATOVA, A., 1974. Usztanovjavane na phodjasti normi i szőotnoszenija na mineralnite torove pri nepolivna carevica na carbonaten csernozjem. Raszteniev, Nauki. Szófia. 11. 23.
- PRZSEGORLINSZKIJ, V. I. & PETRENKO, O. A., 1966. Vlianie osznovnuh udobrenij na uroszaj i kacsesztvo zerna kukuruzű. Fiziologo-biohimicseszkie osznovű pitania rasztenij. Naukova, Dumka. Kiev.
- RJABCSUK, D. I. & LJASINSZKIJ, V. P., 1975. Dejsztvie azotnuh udobrenij pri osznovnom vneszenij na uroszaj i kacsesztvo kukuruzű. Him. Szel'.Hoz., Moszkva. 13. 3.
- RUZSÁNYI L., 1992. Főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Debrecen.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- STEFAN, V. & HUDRUC, I., 1967. Cercetari privind influenta ingrasamintelor asupra consumului de apa la plantele de porumb in timpul vegetatie. Probl. Agric. Bucuresti. 19. 35.
- SVÁB J., 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZABÓ M., 1990. Őszi búza fajták agroökológiai alkalmazkodóképessége és ökonómiai fajtaérték-bírálata. Akadémiai doktori értekezés. Gödöllő.
- SZAUHIMOV, O., 1975. Dejsztvie udobrenij na uroszaj zelenoj maszű kukuruzű na juzsnom karbonatom csernozjome v Pavlovszkoj oblaszti. Him. Szel'.Hoz. Moszkva.
- SZÁSZ G., 1988. Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZLOVÁK, S., 1983. The effect of increasing nitrogen doses upon dry matter production, transpiration and water utilization of maize plants. Acta Botanica Hung. 29. 293-306.
- SZLOVÁK, S., 1986. The effect of nitrogen doses and different water supply upon nitrogen utilization of maize. Acta Agron. 35. 239-255.

- SZTERIKOV, G. & ILKOV, D., 1973. Normi i kalicsesztveni szöotnosenia na mineralnite torove za carecicatta pri tezkite izlizseni csemozemi. Pocsvozn. Agrohim. Szófia. 8. (4) 51-58.
- TULIN, A. & MÜNKO, L. 1973. Vlijanie mineralnüh udobrenij na urozsaj i kacsesztvo kukuruzü pri orosenii. Kukuza, Moszkva. 10. 19.
- WINER, B. J., 1971. Statistical Principles in Experimental Design. McGraw-Hill. New York.

Érkezett: 1997. március 20.

Effect of Fertilization on the Yield of Maize (*Zea mays* L.) in Irrigated and Non-irrigated Crops

J. NAGY

Department of Crop Production and Agronomy, University of Agricultural Sciences, Debrecen (Hungary)

Summary

The effect of fertilization was studied on a pseudomyceliar (calcareous) chernozem soil in the field nursery of the Debrecen University of Agricultural Sciences in Látókép. The yields achieved with the maize hybrid Dekalb 524 SC under irrigated and non-irrigated conditions, averaged over the four years from 1990 to 1993, were evaluated with the help of a quadratic regression function. After calculating the regression equations the functions were derived and the fertilizer rates associated with the yield maximum were determined.

In the non-irrigated treatments the highest yields were achieved with a fertilizer rate of 190 kg N/ha during the four years studied. The maximum yield was 10.792 t/ha, representing a yield surplus of 3.345 t/ha and an average increment of 18 kg/ha for every kg N fertilizer active agent. In the case of irrigation the maximum yield was higher and also required a larger quantity of nutrients.

Without fertilization the maize hybrid Dekalb 524 SC produced a medium yield, while in the fertilized treatment the yield was outstanding due to the intense positive fertilizer x irrigation interaction. With the aid of derived functions the quantity of nitrogen fertilizer active agent required to obtain maximum yields in the irrigated treatments was also calculated and was found to be 204 kg/ha, with a maximum yield of 13.546 t/ha. At this level the yield surplus was close to 5 t/ha and the average increment per kg nitrogen was a very favourable 24 kg. In the irrigated treatment the yield-increasing effect of fertilization was greater than without irrigation. Very little extra nutrient is required for the greater yield due to an increase in the efficiency of the fertilizer.

In order to determine the fertilizer rates which are economical in farming practice, the experimental data were used to calculate the quantity of fertilizer active agent required for a grain yield increment of 10 kg per 1 kg N. These data can be adjusted to various economic conditions. The fertilizer rate required for 10 kg marginal efficiency under non-irrigated conditions was 136 kg N/ha over the average of four years. In the irrigated treatment an average of 162 kg N/ha was sufficient for this purpose.

Based on the experimental results a fertilizer rate of 130-140 kg N/ha can be recommended for the cultivation of Dekalb 524 SC or a similar hybrid maize genotype under non-irrigated conditions, and 150-160 kg N/ha with irrigation.

Under irrigated farming conditions the effect of the year is moderated and yield fluctuations decrease. There is also a smaller difference in the fertilizer response in different years than under non-irrigated conditions, which means that nutrient replenishment is significantly more efficient and can be planned with greater reliability.

Table 1. Statistical analysis of the maize hybrid Dekalb 524 SC under non-irrigated conditions (Debrecen, 1990-1993). (1) Source of variance. a) Regression, b) Residue. (2) F value. (3) Significance level. (4) Independent variable. c) Fertilizer. (5) Regression coefficient. (6) Error of coefficient. (7) Standardized regression coefficient. (8) t-value. Remarks: Significance *in the case of a one-sided test, ** in the case of a two-sided symmetrical test.

Table 2. Effect of fertilization on the grain yield of the maize hybrid Dekalb 524 SC, t/ha (Debrecen, 1990-1993). (1) Fertilizer active agent rate. a) Control, b) Mean, c) LSD_{5%} Fertilization, d) LSD_{5%} Irrigation. (2) Mean. A. Non-irrigated. B. Irrigated.

Table 3. Statistical analysis of the maize hybrid Dekalb 524 SC under irrigated conditions (Debrecen, 1990-1993). (1)-(8): see Table 1.

Table 4. Fertilizer rate required for a maximum yield of the maize hybrid Dekalb 524 SC (Debrecen, 1990-1993). (1) Yield, t/ha. (2) Increment, t/ha. (3) Mean fertilizer efficiency, kg/kg. a) Non-irrigated, b) Irrigated.

Table 5. Marginal efficiency of fertilization in the maize hybrid Dekalb 524 SC (Debrecen, 1990-1993). (1) Marginal efficiency, 10 kg/kg fertilizer. (2) Yield, t/ha. (3) Increment, t/ha. (4) Mean fertilizer efficiency, kg/kg. a) Non-irrigated, b) Irrigated.